

УДК 004.75

В.В. Яцків, докт. техн. наук, доц., С.В. Яцків, М.В. Савчук
Тернопільський національний економічний університет, Україна

**АЛГОРИТМ ВИЯВЛЕННЯ ПОМИЛОК ПРИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ НА ОСНОВІ
МОДУЛЯРНИХ КОРЕГУЮЧИХ КОДІВ**

V.V. Yatskiv, Dr., Assoc. Prof., S.V. Yatskiv, M.V. Savchuk
**ERROR DETECTION ALGORITHM BASED ON MODULAR CORRECTING
CODES FOR DATA TRANSMISSION**

З широкомасштабним використанням безпроводних технологій набуває все більш важливого значення задача забезпечення високої надійності передачі даних. Серед великої кількості розроблених на даний момент корегуючих кодів, важливе місце завдяки високим корегуючим характеристикам, займають корегуючі коди на основі модулярної арифметики [1-3]. Однак через високу обчислювальну складність операцій виявлення та виправлення помилок корегуючі коди системи залишкових класів не отримали широкого застосування. Частково вирішує дану проблему розроблений в [4] метод формування корегуючих кодів в системі залишкових класів, який формує перевірочні символи з повідомлення поданому у позиційній системі числення, відповідно непотрібно використовувати додаткові обчислювальні ресурси на перетворення повідомлення в систему залишкових класів. В [5] розроблено метод підвищення надійності передачі даних на основі модулярних корегуючих кодів, який використовує таблицю синдромів для виявлення та виправлення помилок в одному символі. Розмірність таблиці синдромів обчислюється за формулою: $N = (2^{m+1} - 2) \cdot k$, де m – розрядність інформаційних символів, k – кількість інформаційних символів. Так, при $m = 8$, $k = 8$ - необхідно зберігати таблицю, яка містить 4080 значень синдрому.

В модулярних корегуючих кодах значення перевірочного символу обчислюється за формулою [5]:

$$x_{k+1} = \left| (v_1 \cdot x_1 + v_2 \cdot x_2 + \dots + v_j \cdot x_i + \dots + v_k \cdot x_k) \right|_P,$$

де v_i – коефіцієнти, взаємно прості з P ; $|\bullet|_P$ – операція отримання залишку за модулем P .

Декодер по прийнятих даних $(x'_1, x'_2, \dots, x'_i, \dots, x'_k)$ обчислює значення перевірочного символу:

$$x'_{k+1} = \left| (v_1 \cdot x'_1 + v_2 \cdot x'_2 + \dots + v_j \cdot x'_i + \dots + v_k \cdot x'_k) \right|_P$$

Для виявлення помилки обчислимо синдром δ , який представляє різницю між отриманим перевірочним символом і перевірочним символом, обчисленим в декодері:

$$\delta = \left| x'_{k+1} - x_{k+1} \right|_P,$$

якщо синдром дорівнює нулю $\delta = 0$ – помилки немає, якщо $\delta \neq 0$ – є помилка, при цьому $x'_i \neq x_i$, і, як наслідок, $x'_{k+1} \neq x_{k+1}$.

Виправлення помилки. Припускаємо, що помилка в першому символі, тоді:

$$\begin{aligned} \left| v_1 \cdot (x'_1 - x_1) \right|_P &= \delta, \\ \left| v_1 \cdot x_1 \right|_P &= \left| -\delta + v_1 \cdot x'_1 \right|_P. \end{aligned} \quad (1)$$

В результаті розв'язку рівняння (1) отримаємо значення правильного інформаційного символу.

Для підвищення швидкодії виправлення помилки значення синдрому $\delta_{ji} = |v_j \cdot x_i|_P$ для всіх можливих значень інформаційних символів x_i зберігаються в таблиці. В даному випадку для виправлення помилки необхідно знайти значення x_i яке відповідає обчисленому синдрому δ_{ji} . Розрахунок синдрому при $m = 4$, $k = 4$, $v_1 = 13$, $v_2 = 17$, $v_3 = 19$, $v_4 = 23$, $P = 1021$ подано в таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення синдромів для всіх можливих значень інформаційних символів

Значення символу x_i	Значення синдрому δ_{1i}	Значення синдрому δ_{2i}	Значення синдрому δ_{3i}	Значення синдрому δ_{4i}
1	13	17	19	23
2	26	34	38	46
3	39	51	57	69
4	52	68	76	92
5	65	85	95	115
6	78	102	114	138
7	91	119	133	161
8	104	136	152	184
9	117	153	171	207
10	130	170	190	230
11	143	187	209	253
12	156	204	228	276
13	169	221	247	299
14	182	238	266	322
15	195	255	285	345

В роботі удосконалено алгоритм виявлення та виправлення помилок при передачі даних на основі модулярних корегуючих кодів, що дало змогу в два рази зменшити обсяг пам'яті для зберігання таблиць синдромів.

Література

1. Omondi A. Residue Number System: Theory and Implementation / A.Omond, B.Premkumar. Imperial College Press, 2007. – Vol. 2. – 296 p.
2. Roshanzadeh M., Saqaeeyan S. Error Detection & Correction in Wireless Sensor Networks By Using Residue Number Systems. International Journal of Computer Network and Information Security (IJCNIS) 4.2, 2012. – №2. – Pp. 29-35.
3. Goh, Vik Tor, Mohammad Umar Siddiqi. Multiple error detection and correction based on redundant residue number systems. Communications, IEEE Transactions on 56.3, 2008. – Pp.325-330.
4. Цаволик Т. Г. Метод формування корегувальних кодів у системі залишкових класів / Т. Г. Цаволик, В. В. Яцків // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Вип. 27(3). – С. 191–194
5. Яцків В.В. Виявлення та виправлення багатократних помилок на основі модулярних коректуючих кодів / Яцків В.В. // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2015. – Том 33, №2. – С.77-82.